

방사선의 인체영향

강건욱

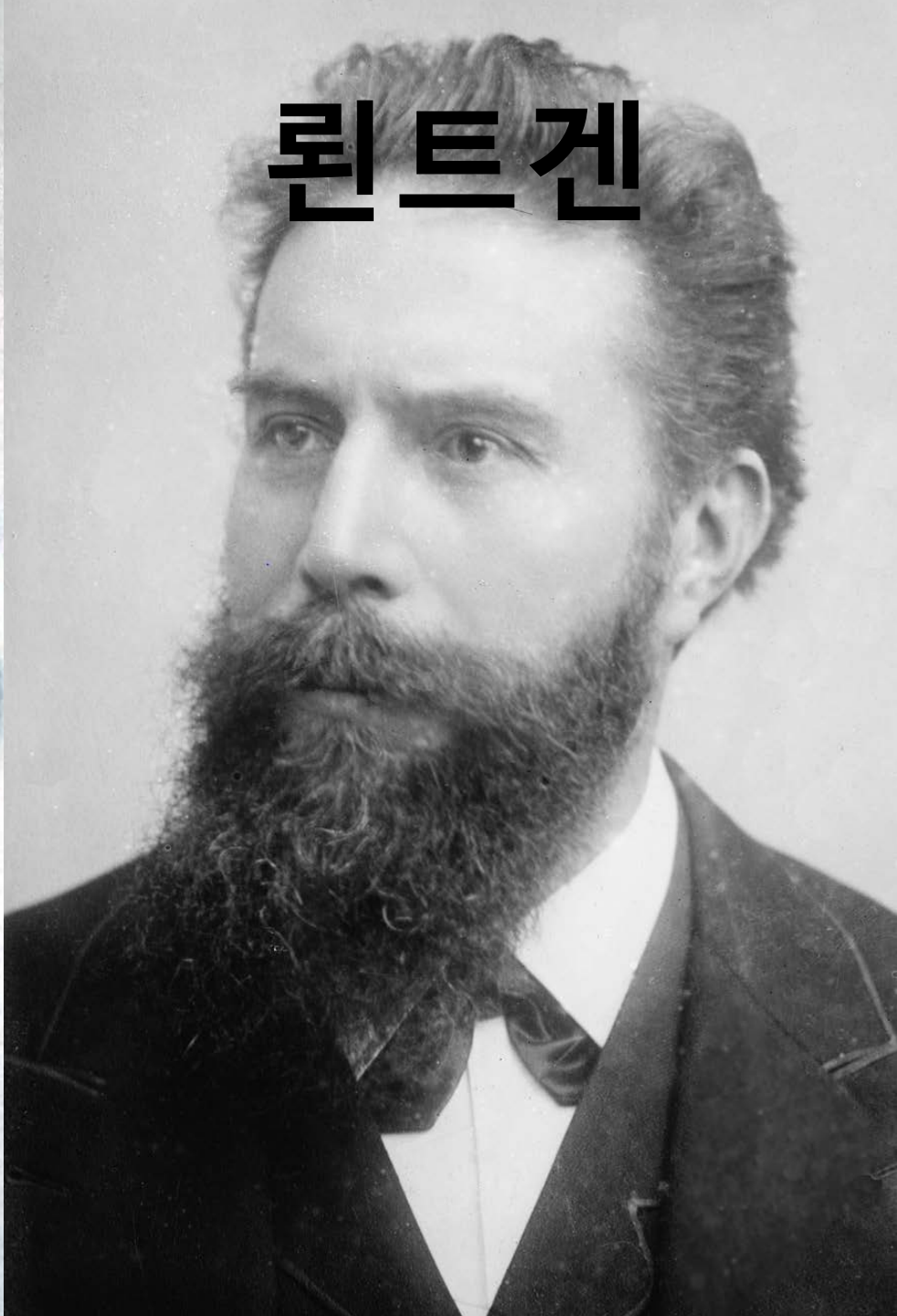
서울대학교병원 핵의학과 교수
원자력안전위원회 비상임위원
아시아지역 핵의학협력기구(ARCCNM) 의장
세계동위원소기구(WCI) 의료응용분과 위원장
(전)국제방사선방호위원회(ICRP) 의료분과 위원
대한방사선방어학회 차기회장

X-선




1895년

뢴트겐







퀴리 부인

1898년 라듐 발견

1903년 노벨물리학상

1911년 노벨화학상

1934년 67세 사망 재생불량빈혈

히로시마, 나가사키 원자폭탄

10만명 사망

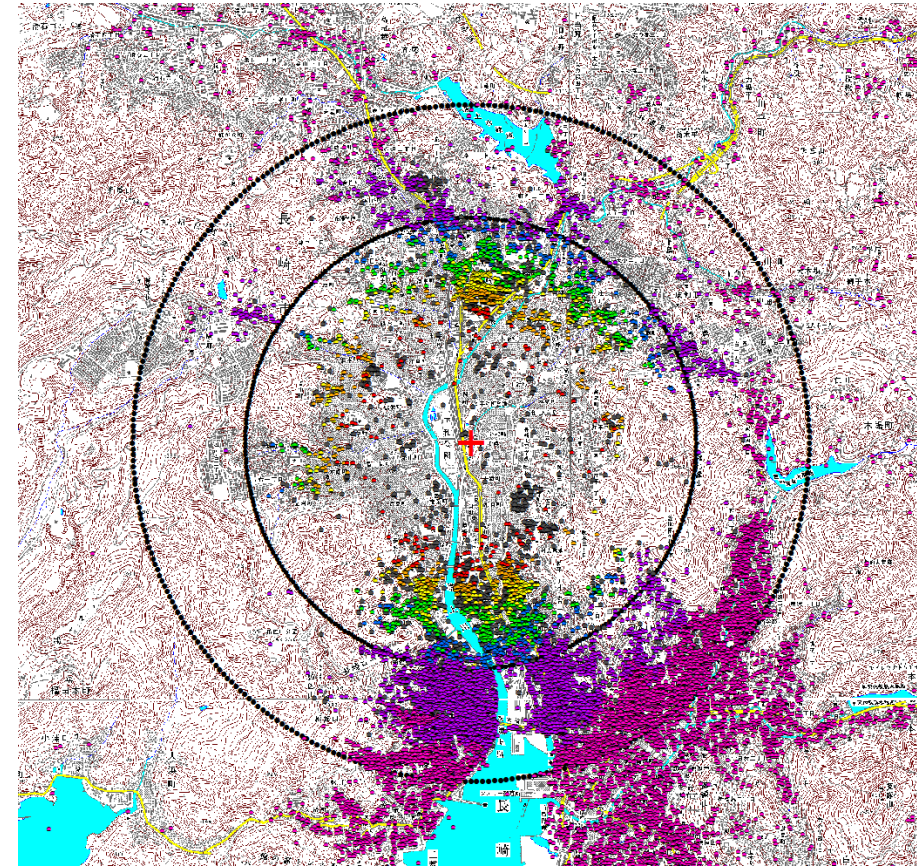
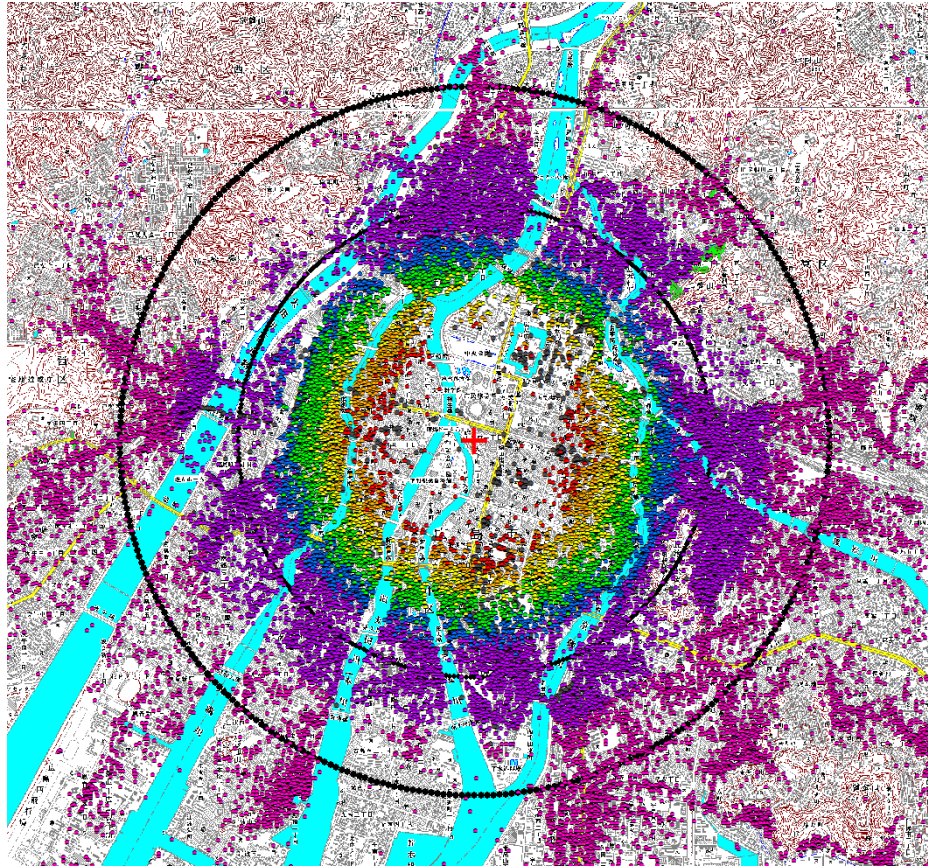


생존자 위치

E Grant / Nov 2016
Seoul, Korea

히로시마

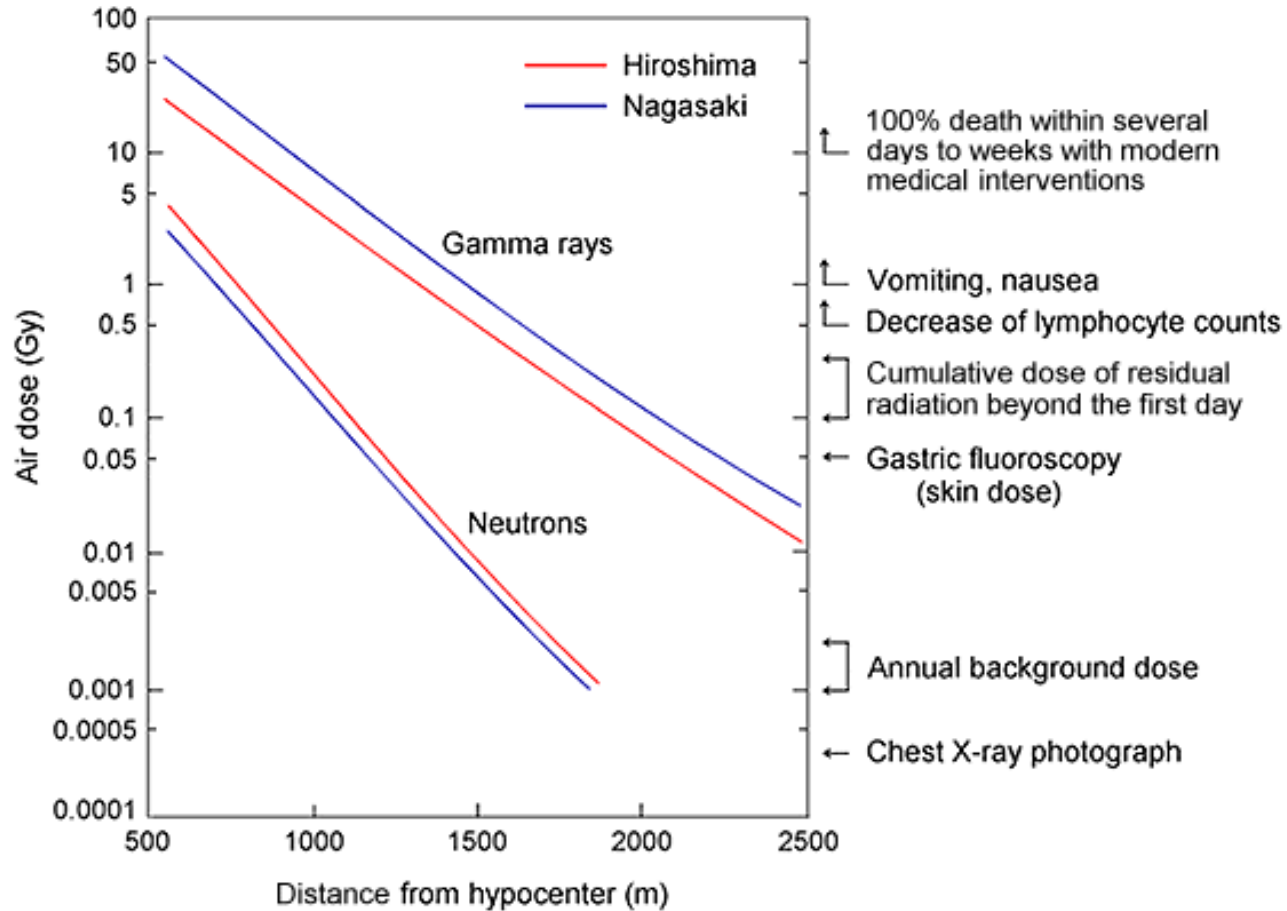
나가사키



Circles of black dots at 2 and 3 km from hypocenter. Color key, in order of drawing, starting with bottom layer: dark gray = unknown dose, pink < 5 mGy, purple 5 to 100, blue 100 to 200, green 200 to 500, yellow 500 to 1,000, orange 1,000 to 2,000, red > 2,000. (Courtesy of Cullings)

초기 영향

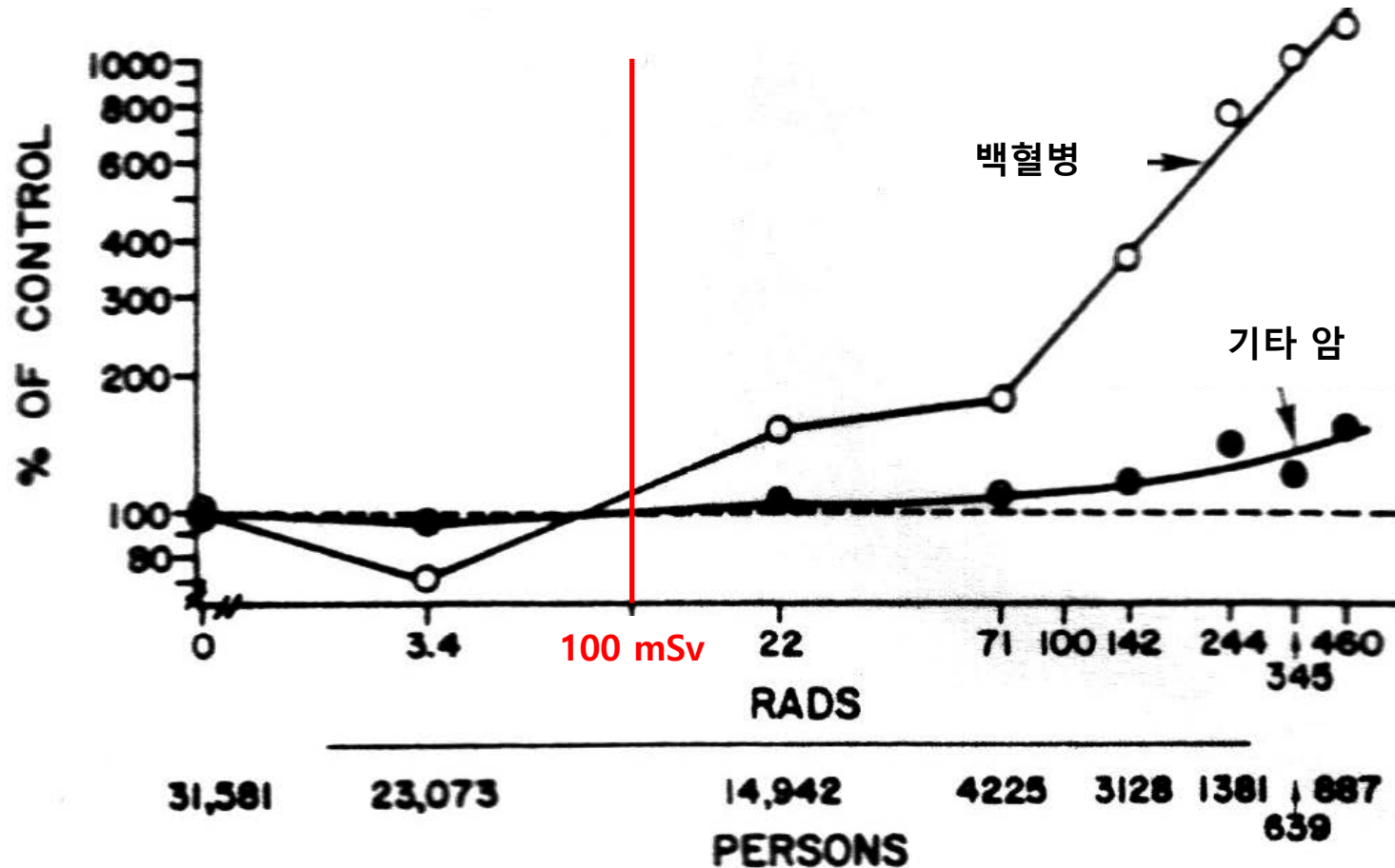
원폭투하 후 수년 까지



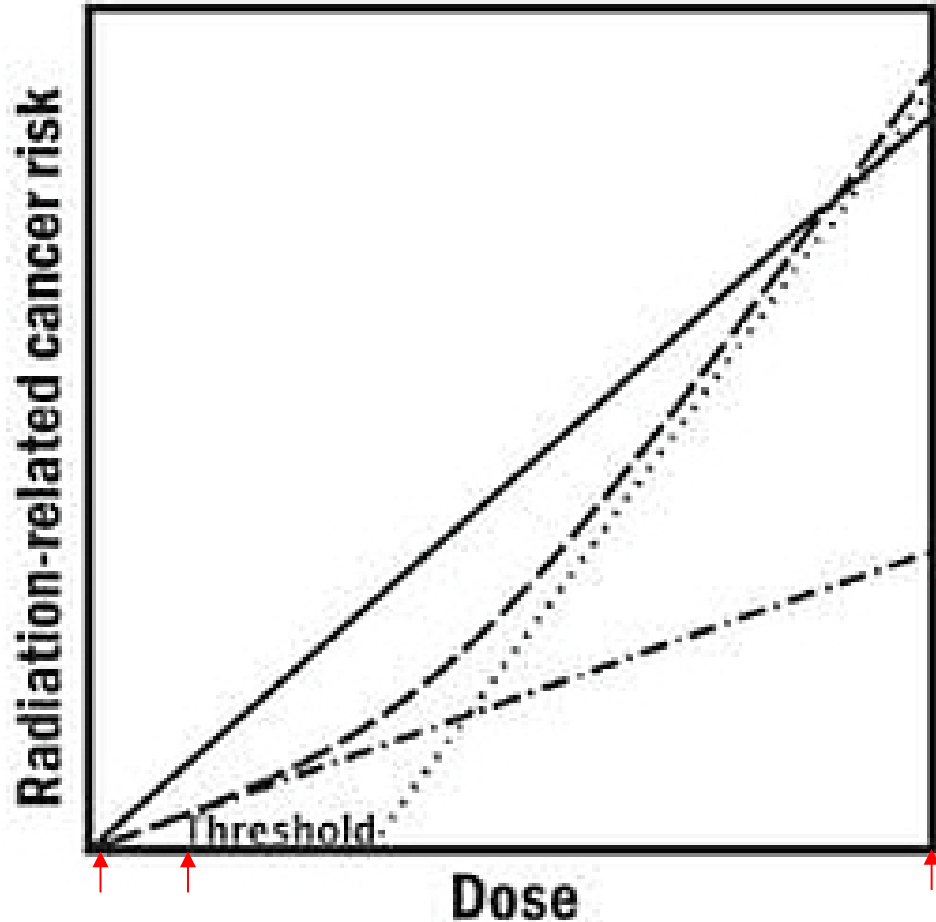
- 급성방사선증후군
- 골수사망: LD₅₀ 2.5 ~ 5 Gy
- 장관사망
- 백내장

후기 영향

- 원폭생존자 5만 여명 추적
- 1950~1978년 백혈병 및 기타 암에 의한 사망

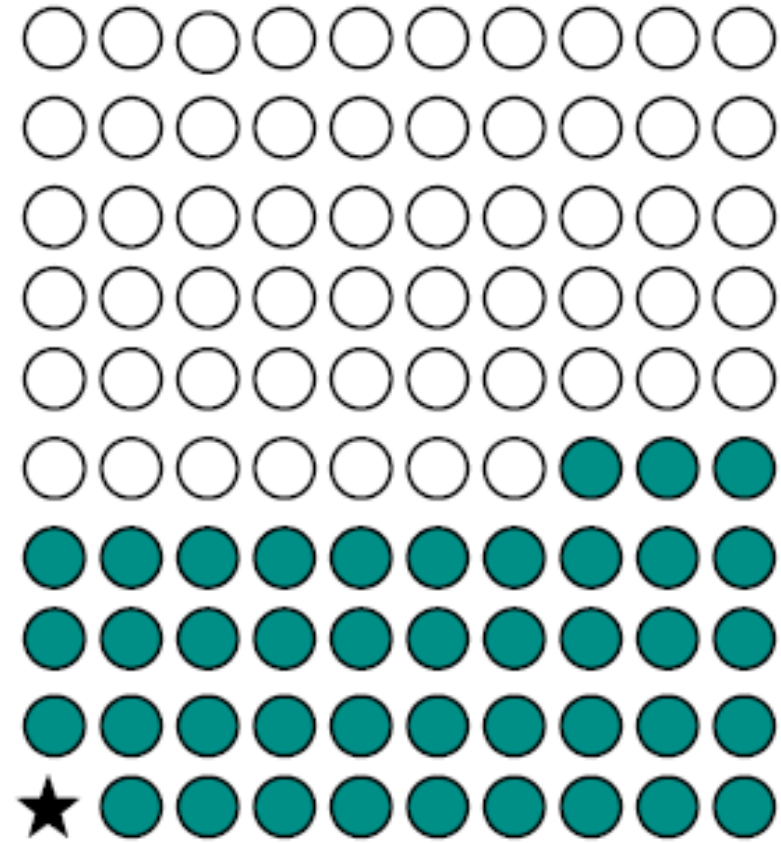


LNT(Linear No Threshold) 모델



1 mSv 0.005%
10 mSv 0.05%

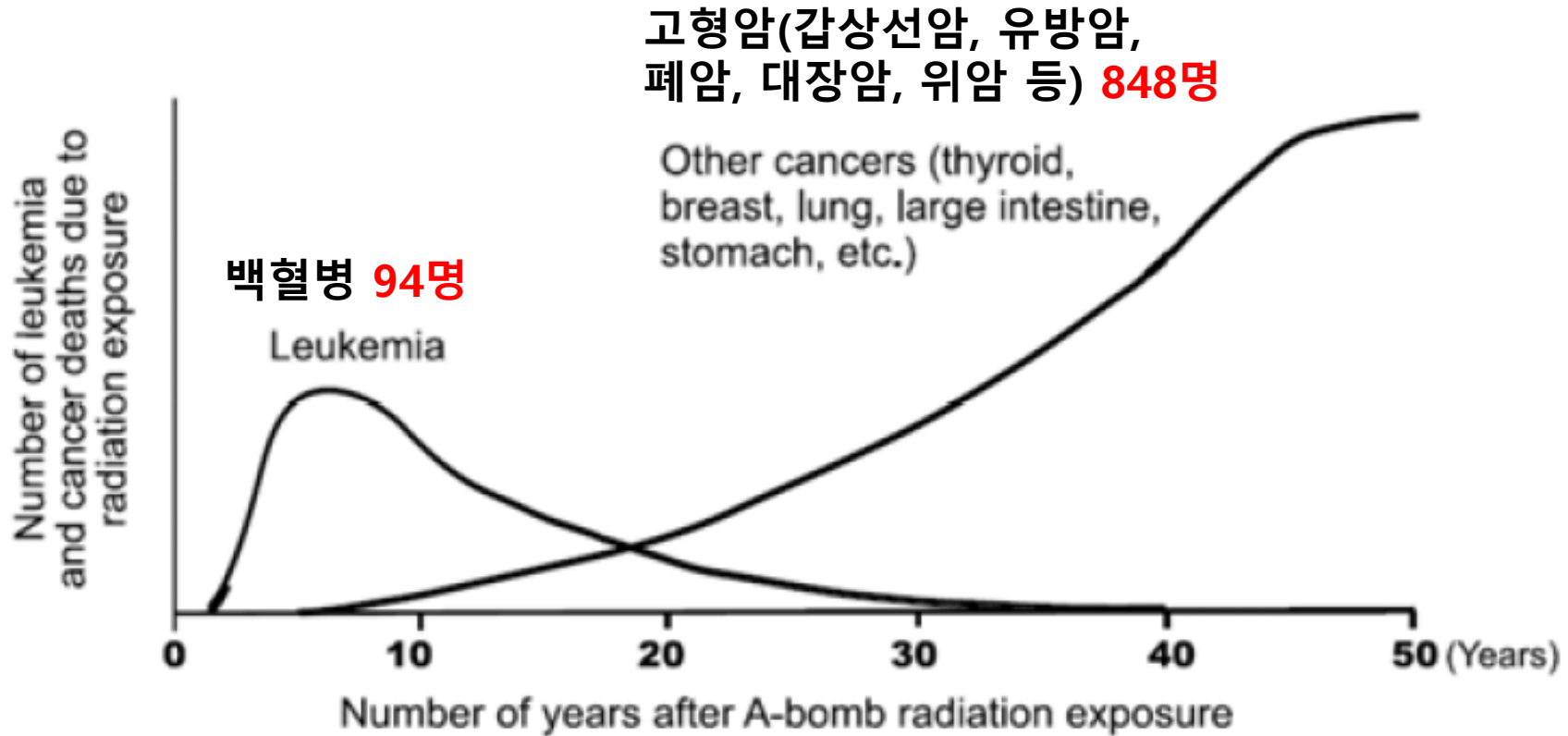
100 mSv 0.5%



방사선
피폭량
평생
암발생확률

원폭피해자 50년간 5만여명 추적

방사선에 의한 암 사망자 수



피폭 후 경과 년수

유전 및 돌연변이

히로시마, 나가사키 생존자 9만 명 중

- 원폭투하 후 남은 자녀 수 : 7만 5천명
- 3만8000명: 부모 중 최소1명이 원폭투하 중 피폭-전혀 피폭 받지 않은 타지방인과 비교
- 유산,사산,유전병,백혈병,유아 사망률:
차이가 없다
- 방사선으로 인한 돌연변이: 한건도 없었음

벨라루스 기형아 연구

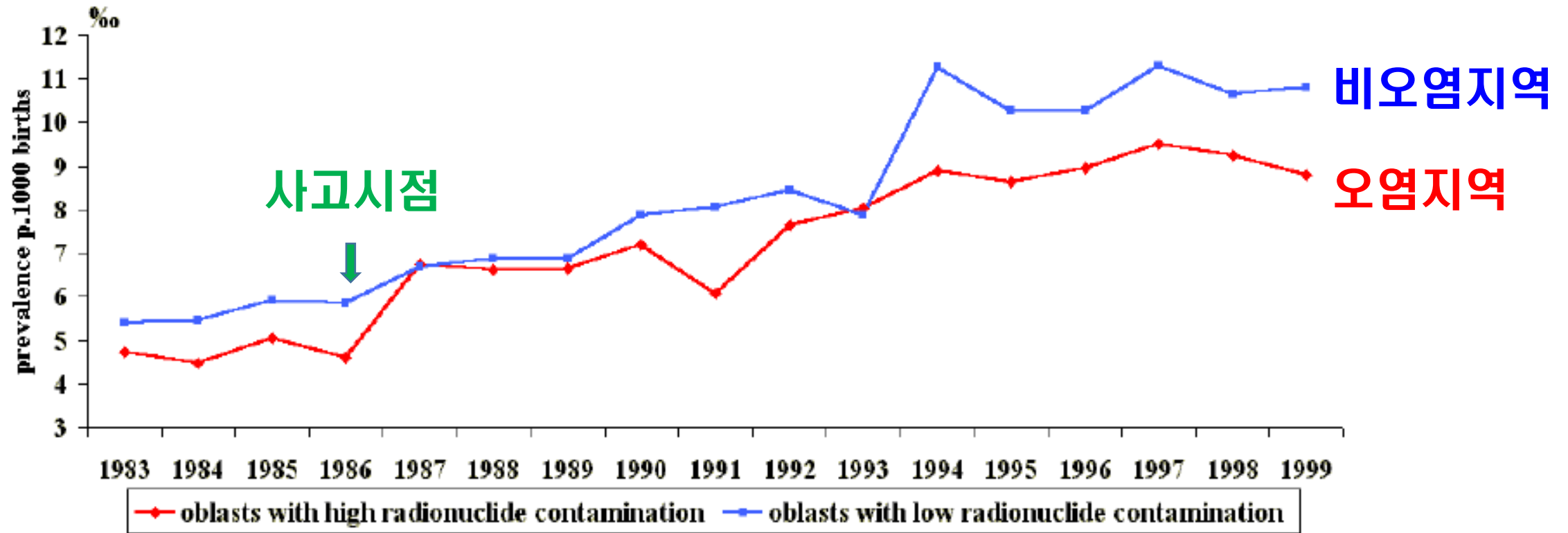


Figure 3. Prevalence at birth of 9 types of congenital malformations in 4 oblasts with high and low levels of radionuclide contamination (Lazjuk et al., 1999)

후쿠시마 사고 일본 의료대응에서의 시사점

피난 자체에 의한 사망 사고

- 피난 중 61명 사망 (일본 국회자료)
 - 무계획적인 피난은 약자들에게 매우 위험
 - 의료약자 서둘러 피난시킬 필요 없음 - 옥내대피가 가장 중요

일본 후타바 병원 환자 이동 경로



자료: 일본 국회 후쿠시마사고조사위원회의 보고서

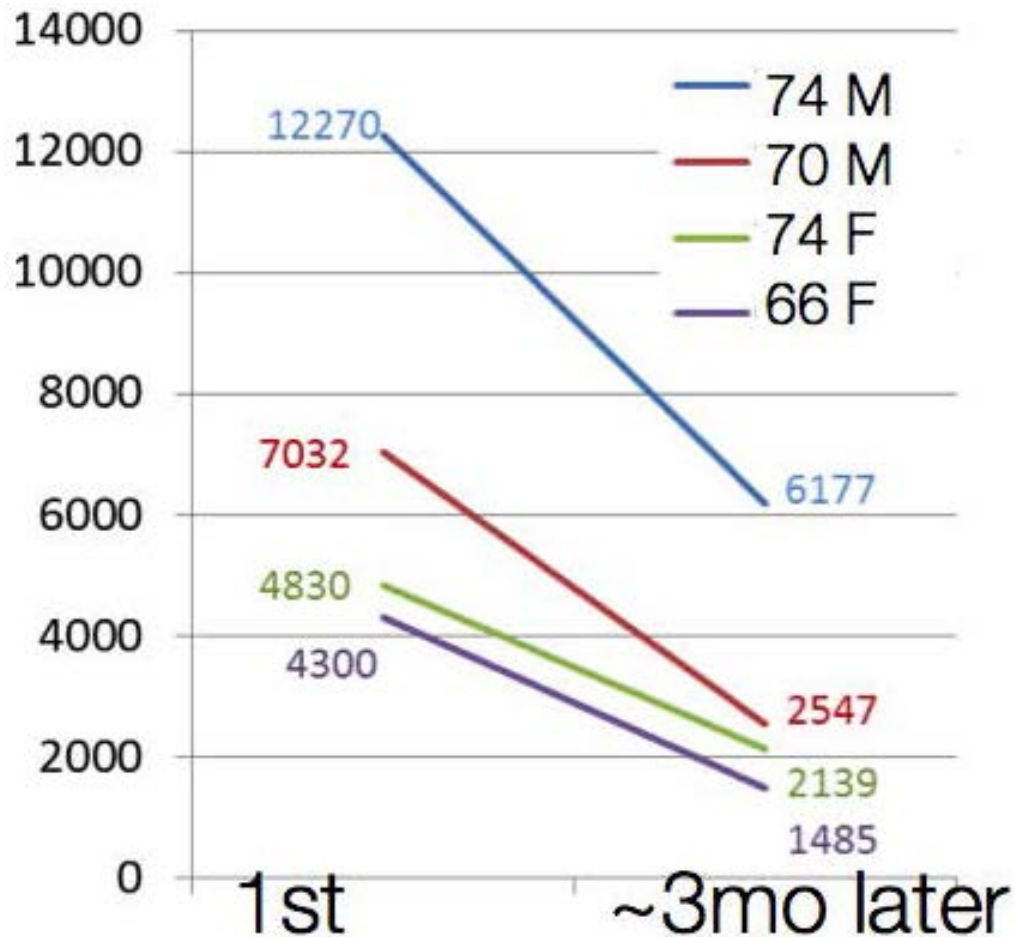


후쿠시마 지역주민 21000명 전신방사능검사에서 4명 높게나와

70세 남자 20,000Bq/body, 0.8mSv/y

140,000 Bq/kg

선반에서 발견한 자연산 버섯



Shiitake mushroom

비교: 성인 체내
자연방사능 칼륨-40
4,000 Bq

Primary Examination of Thyroid Ultrasound Examination from Oct 9, 2011 at the Fukushima Medical University Hospital



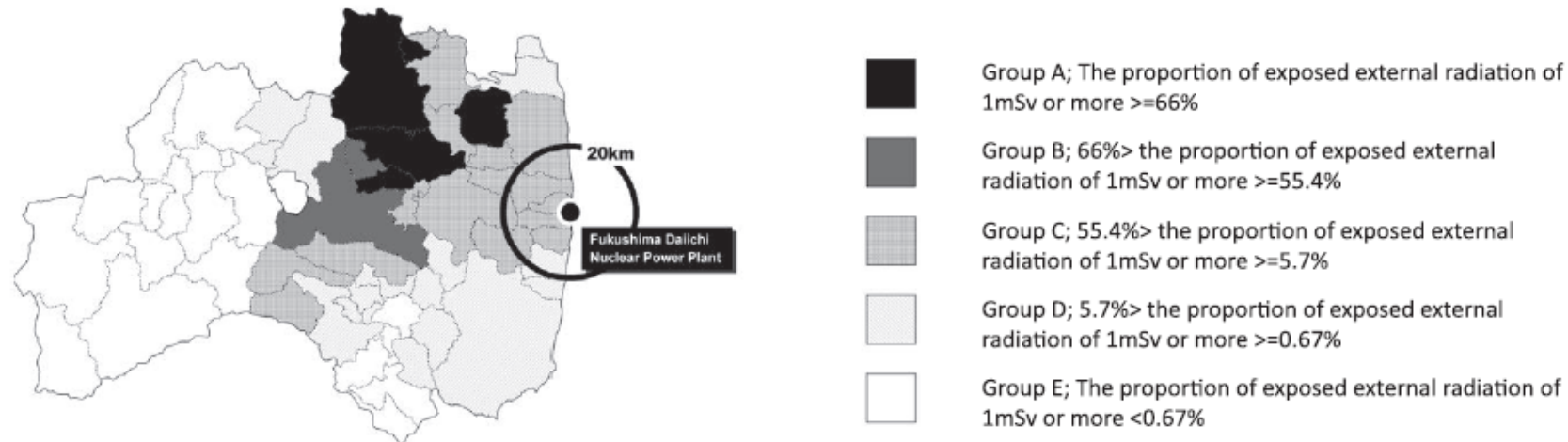


Figure 1. Geographic details of the highest dose area, high middle dose area, middle dose area, low middle dose area, and lowest dose area, with the adjusted ORs and 95% CIs of thyroid cancer according to location group by the first 4-month external radiation doses estimated by the Fukushima Health Management Survey. CI, confidence interval; OR, odds ratio.

	Group A	Group B	Group C	Group D	Group E	<i>P</i> for Trend
N	64,215	55,436	59,621	82,622	38,582	
Women (%)	49.3	49.2	49.7	49.6	49.8	
Age at the time of the nuclear accident, year (SD)	9.2 (5.2)	8.8 (5.1)	9.2 (5.2)	8.7 (5.0)	8.3 (4.6)	
Age at the time of screening, year (SD)	10.6 (5.2)	10.6 (5.1)	10.5 (5.2)	11.1 (5.0)	11.2 (4.6)	
Duration from the time of the nuclear accident to the time of screening, year (SD)	1.4 (0.3)	1.9 (0.3)	1.4 (0.7)	2.3 (0.5)	2.8 (0.3)	
No. of cases	20	27	20	34	14	
Prevalence proportion per 100,000 people	31.1	48.7	33.5	41.2	36.3	
Crude OR (95% CI)	0.86 (0.43–1.70)	1.34 (0.70–2.56)	0.92 (0.47–1.83)	1.13 (0.61–2.11)	Reference	0.90
Age- and sex-adjusted OR (95% CI) ^a	0.95 (0.48–1.88)	1.44 (0.75–2.75)	1.05 (0.53–2.09)	1.08 (0.58–2.01)	Reference	0.69
Multivariable-adjusted OR (95% CI) ^b	0.64 (0.26–1.58)	1.11 (0.52–2.36)	0.70 (0.28–1.78)	0.94 (0.49–1.82)	Reference	0.96

^aAdjusted for age at the thyroid examination and sex,

^bAdjusted for age at the thyroid examination, sex, and duration from the nuclear accident to the thyroid examination.

95% CI, 95% confidence interval; OR, odds ratio; SD, standard deviation.

SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION

UNSCEAR 2013 Report

- 방사선 피폭은 체르노빌 사고보다 상당히 낮다. 이것은 어떤 건강상의 영향도 나타나지 않을 것이라는 것을 암시한다.
- 가장 중요한 건강효과는 정신건강과 사회복지에 있으며, 피난에 따른 생계유실은 물론 공포와 사회적 낙인에도 영향을 미친다.

임신과 의료방사선

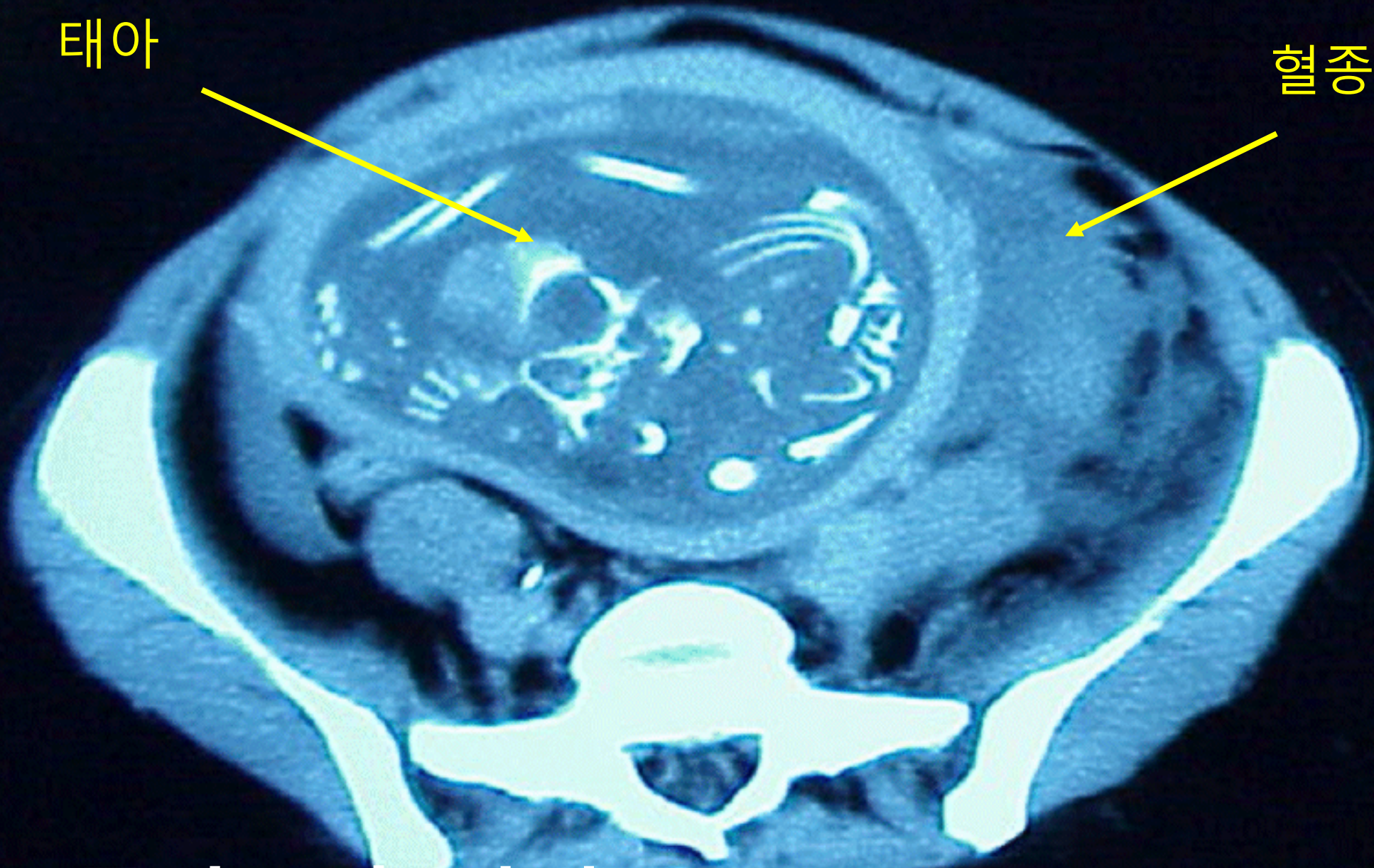
Pregnancy and Medical Radiation



- 태아피폭 선량한도 1 mSv/년
- 방사선 위험은 장기형성기와 초기태아기에 가장 높으며, 제2삼분기에는 다소 감소하고, 제3삼분기에는 가장 낮다.
- 영향은 100~200 mGy 이상의 문턱값을 가지고 있다.
- 골반 CT 3회 촬영, 복부 혹은 골반부위 진단x선을 20회 촬영하여도 태아가 100 mGy의 선량을 받지 않는다.

태아

중환혈



교통사고 후 임신부 CT

방사선량 20 mGy

의료방사선은 안전한가?

표 16. 의료촬영에서 받는 전형적 방사선량.

검사	유효선량(밀리시버트)
통상적 흉부 X선 촬영	0.01
치과 X선 촬영	0.01
유방 촬영	0.2
관상동맥 혈관조영술	7
복부 CT	10
전신 FDG PET/CT	10

건강검진은 안전한가?

의료피폭의 정의와 특성

의료피폭의 범주 (ICRP Publication 103)

- 진단, 중재방사선 및 치료 목적을 위한 개인의 피폭으로서 태내 배태아, 모유 수유하는 환자의 유아 피폭을 포함한다.
- 병원이나 자택에서 진단이나 치료를 받는 환자를 돕고 간병하는 가족이나 친지와 같은 사람이 피폭을 예상하면서 기꺼이 받는 피폭(직무피폭 제외).
- 직접적 이익이 없는 의생명연구 프로그램에 대상으로 참여하는 자원자가 받는 피폭.

의료피폭의 특성 (ICRP Publication 103)

목표: 의료절차의 정당화와 그 의료 목적에 적합한 방호최적화
직무피폭 및 일반인 피폭과 달리 선량한도가 없음

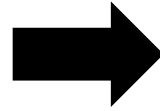
갑상선암 방사성요오드 치료



2015.4.3
200mCi 4Days

갑상선글로불린
224 ng/mL

치료후 스캔



2015.10.22
200 mCi 3 days

갑상선글로불린
0.89 ng/mL

▪ [주요 암종 10년 상대생존율 추이: 남녀전체]

(단위 : %, %p)

발생순위	암종	발생기간				증감*
		'93-'95	'96-'00	'01-'05	'09-'13	
-	모든 암	39.1	41.2	50.2	67.0	27.9
1	위	40.6	44.3	54.9	71.4	30.8
2	갑상선	92.6	93.5	98.2	100.8	8.2
3	폐	10.5	11.0	13.1	19.7	9.2
4	대장	51.8	54.9	63.8	73.9	22.1
5	유방	71.7	76.3	82.9	88.2	16.5
6	간	8.1	9.1	13.8	23.8	15.7
7	전립선	46.4	56.7	75.7	92.1	45.7
8	췌장	9.4	7.4	6.9	7.8	-1.6
9	담낭 및 기타담도	16.4	17.9	19.8	24.5	8.1
10	신장	59.1	62.0	69.6	77.7	18.6

전신피폭과 국부피폭

- 전신피폭의 경우에는 체내의 중요 장기들이 같이 피폭하므로 선량이 높은 경우 극단적으로는 목숨을 잃을 수도 있다.
- 손에만 대단히 높은 선량을 받은 국부피폭의 경우에는 비록 손은 절단해야하는 사태에 이르더라도 몸통의 중요 장기들의 피해가 없으면 생명을 위협하지는 않는다.



방사선 피폭량에 따른 피부 증상

피폭선량 (Gy)	증상	시기
3	탈모	노출 후 14-17일
6	홍반	노출 후 수 분에서 몇 주 (용량에 따라 다름)
10-15	건성 피부박리	노출 후 2-3주
15-20	습성 피부박리	노출 후 2-3주
> 25	궤양 및 괴사	> 21일 이후

척추 주사요법을 시행한 정형외과 의사 수부에 발생한 방사선 유발 피부괴사



- 2년 전부터 양측 엄지, 검지 손가락에 가려움증과 건조증, 피부가 딱딱해지고 얇아지며 손톱 주변으로 통증이 생겨
- 방사선 투시 촬영기를 이용 척추 주사요법을 월 평균 100예 이상씩 17년간 시행

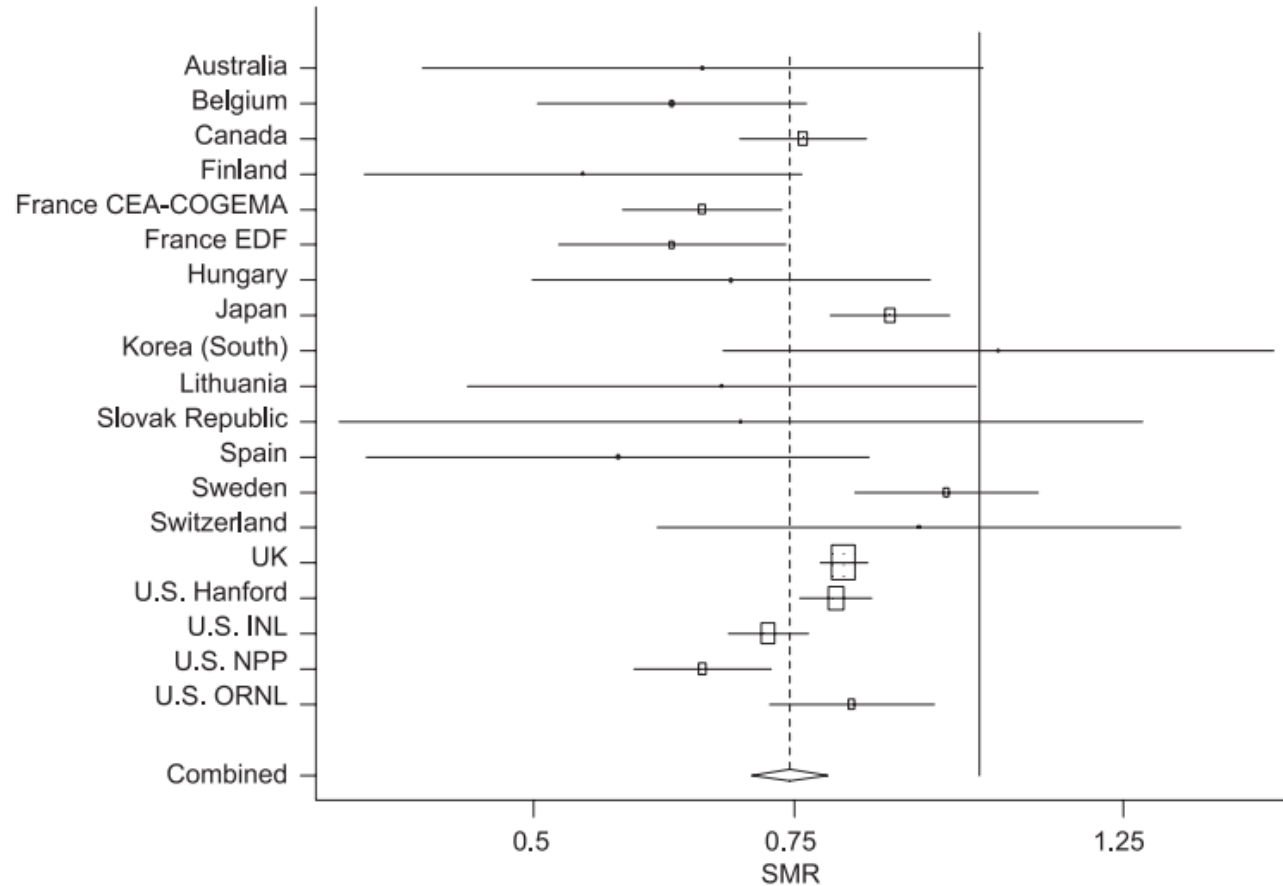
암 발생의 원인

- 흡연, 발암성 식품 및 화학물질, 발암성 병원체 등에 세포가 노출되면 유전자의 변이를 일으킴
- 암발생에 있어 10~20% 정도는 유전적 영향
- 20~30년에 걸쳐 여러 종류의 유전자 변이가 축적
- 면역기능에 의하여 파괴될 수 있는 수준을 넘으면 암세포가 제거되지 못하고 암이 발생

활성산소의 생성



원전종사자의 방사선 노출과 암사망 위험도



국내에서 79,679명의 방사선 작업자를 대상으로 1992~2004년의 추적기간에 대한 연구에서 평균누적 유효선량은 6.1 mSv이었고, 표준화사망률(SMR)은 모든 암에서 0.73(95% CI:0.64~0.82)이었고, 백혈병에서 0.59(95%CI:0.28~1.06)로 강한 건강근로자효과를 보였다.

전신 방사선량과 암

- > 100 mSv
 - 암발생 확률 $> 0.5\%$ 위험
- $1\sim 100$ mSv
 - 위험이 없는지 0.5% 보다 작게 있는지 잘모름
- < 1 mSv/년
 - 비교적 안전

*자연방사선 피폭 일인당 평균 5 mSv/년

Oak Ridge Institute for
Science and Education
and the Department of
Energy do hereby certify
that



Keon-Wook Kang, MD

has satisfactorily completed

**Handling of Radiation Accidents
by Emergency Personnel**
November 3-6, 1998

Presented at the Radiation Emergency Assistance
Center/Training Site (REAC/TS)

The Oak Ridge Institute for Science and Education designates this continuing medical education activity for 25 credit hours in Category 1 of the Physician's Recognition Award of the American Medical Association. The course also is approved by the American College of Emergency Physicians for 24.25 hours of ACEP Category 1 credit.

The Oak Ridge Institute for Science and Education (ORISE) is accredited by the Accreditation Council for Continuing Medical Education to sponsor continuing medical education for physicians.

Robert C. Ricks, Ph.D.
Director, REAC/TS

Ronald E. Goans, Ph.D., M.D.
Chairman, ORISE CME Committee

REAC/TS



국제방사선방호위원회 ICRP 의료방사선분과 (2013-2021)



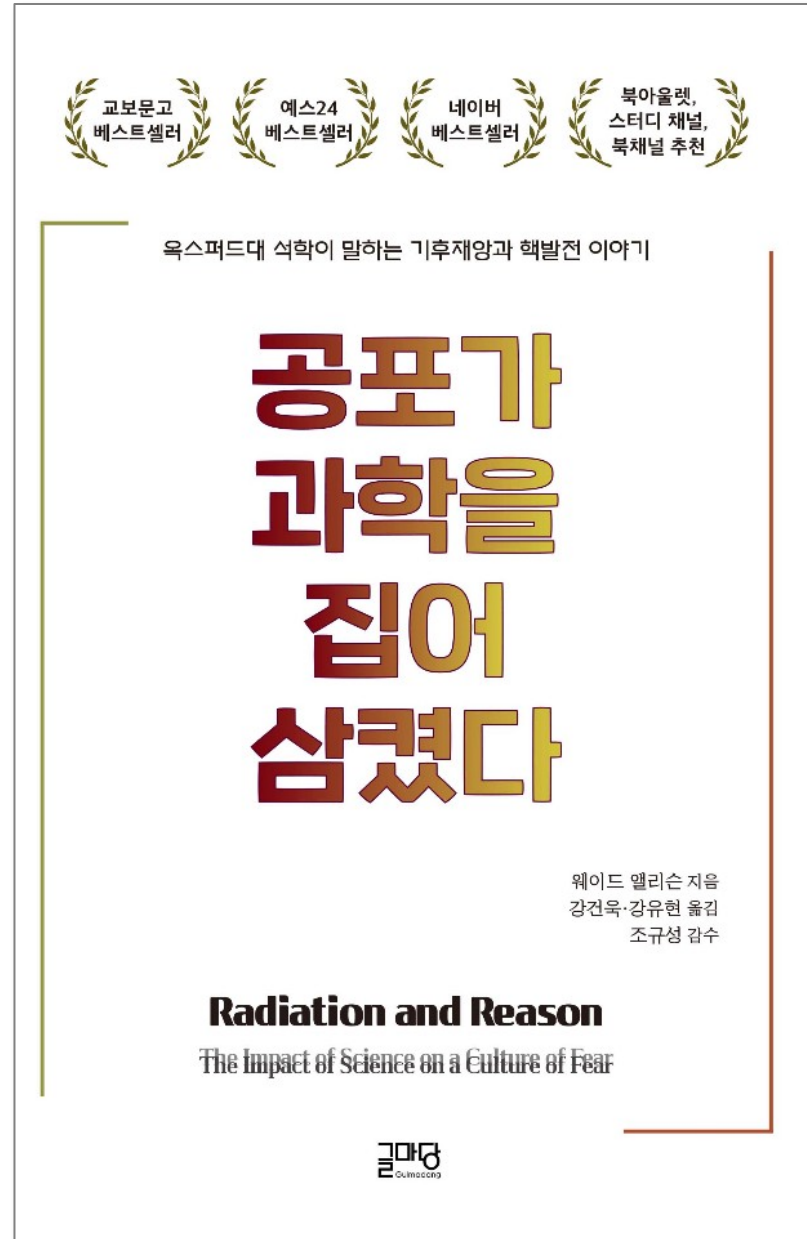
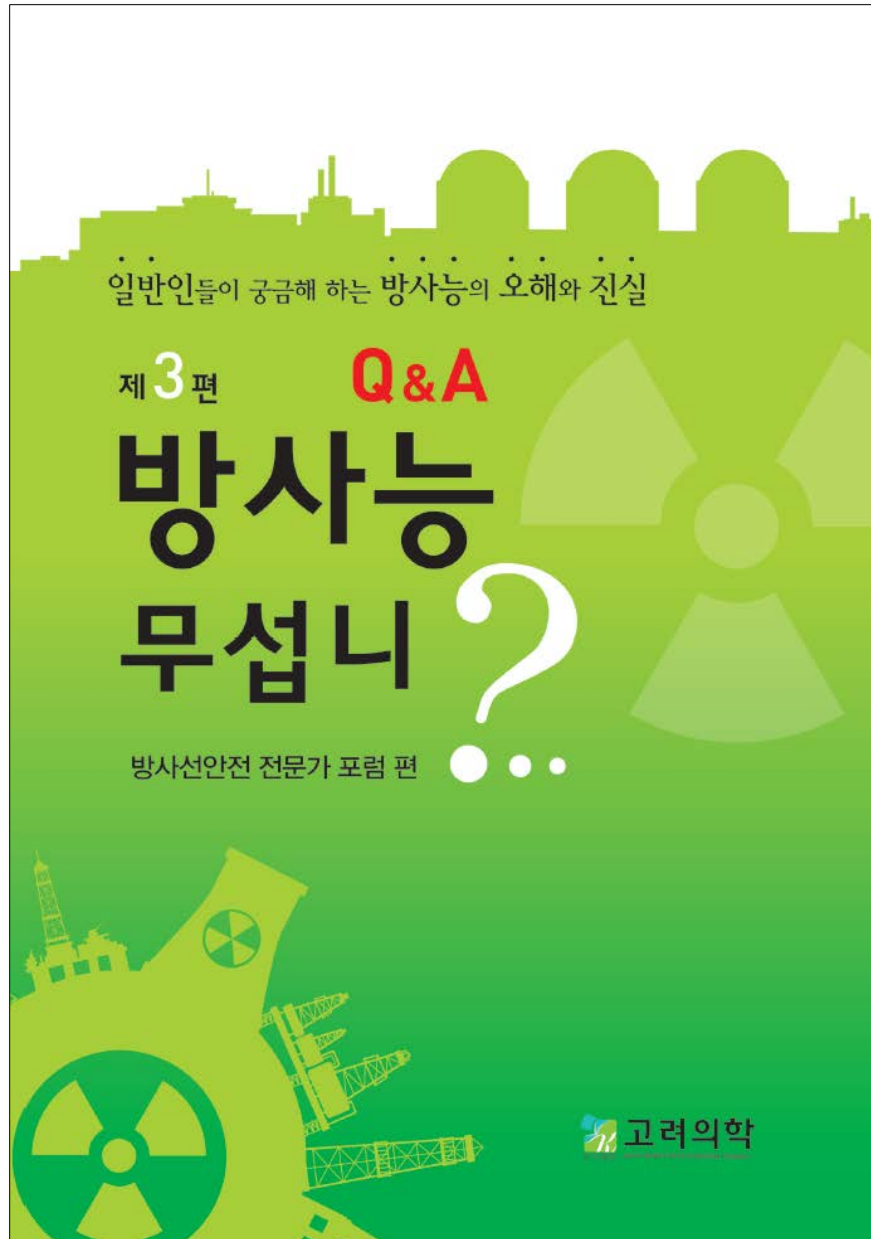
서균열 교수

강건욱 교수

핵고수 맞토론

후쿠시마 오염수 논란

문제는 플루토늄! VS 괴담은 그만!



서울대학교병원 핵의학과 홈페이지 <http://nm.snu.ac.kr/>